

LAS PREMISAS PARA ASIMILAR NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PROCESOS QUÍMICOS A PARTIR DE ESTUDIO DE LABORATORIOS EN ETAPAS DE PRETRATAMIENTO E HIDRÓLISIS DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS

Nestor Ley Chong*, Erenio González Suárez**, Leyanis Mesa Garriga**

*Departamento de Ingeniería Química, Universidad Central de Las Villas, **Centro de Análisis de Procesos, Universidad Central de Las Villas

En este trabajo se presentan las premisas, para iniciar la asimilación de nuevas tecnologías a partir de los estudios de laboratorios, en el cual se incluye las etapas principales para el desarrollo de procesos. Para el mismo se tuvo como punto de partida, las experiencias adquiridas en la concepción de concebir una tecnología para la producción de biocombustibles a partir de residuos agroindustriales, con un interés especial de las etapas de pretratamiento y la hidrólisis de los materiales lignocelulósicos.

Palabras clave: asimilación de tecnología, desarrollo de procesos, pretratamiento, hidrólisis

In this work the premises to begin the assimilation of new technologies from the studies of laboratories are presented, in which the main considerations for the development of processes are included. As a starting point, the experiences acquired in the conception of a technology for production of biofuels from agro-industrial residues were taken into account, with a special interest of the stages of pretreatment and hydrolysis of the lignocellulosic materials.

Key words: assimilation of technology, development of processes, pre-cure, hydrolysis

Introducción

Se hace evidente que para obtener tasas de crecimiento económico y de competitividad internacional en diferentes sectores de la economía de un país, la posibilidad, tanto de generar innovaciones como la capacidad de asimilar de forma inteligente y a las condiciones locales, los procesos de producción originados del exterior.

A partir de esa situación, es que se debe encontrar el mejor diagrama de proceso partiendo de seleccionar los procesos unitarios y las cantidades de interconexiones de estas unidades que como se ha podido confirmar, este es un problema que presenta gran dificultad, debido a la gran cantidad de ideas que se derivan para un determinado proceso, pues según Douglas /3/ por experiencias, menos del 1 % de las ideas para un nuevo proceso se convierte en comercializado.

De aquí, que el aprovechamiento de la Síntesis y Análisis juega un papel importante para establecer la jerarquía de decisiones de diseño, donde se descompone los grandes y complejos problemas en un número más pequeños de problemas que son más simples para manejar.

El interés marcado de muchos investigadores en reducir los gastos de recursos y de aumentar el nivel de certeza en el Desarrollo de Procesos, y por tanto en lograr la asimilación de nuevas tecnologías, conlleva a que se ofrezcan en este caso y de una serie de pasos que conduzcan al mejor logro de esta importante acción, aún en los niveles primarios de la investigación.

Para ello se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

Fundamentación teórica

El diseño de procesos y de plantas, es la actividad creativa donde se generan ideas y estas se transforman en equipos y procesos para producir nuevos materiales o para lograr un aumento significativo del valor de los materiales existentes, de esta forma se destaca, convertir un subproducto residual a producto de valor, crear un material completamente nuevo, encontrar nuevas vías para producir un producto que existe así como explotar una nueva tecnología /6/.

No obstante, en todo problema de diseño existe un rasgo que lo distingue de otros tipos de

problemas de ingeniería dado por la gran cantidad de indefiniciones que aparecen al concebir un determinado proceso, esto es que hay una pequeña fracción de la información necesaria para definir o un problema de diseño que es aprovechable para otros problemas expuestos /3/.

Para solucionar la falta de información se realizan actividades de síntesis, en la que se hacen suposiciones a cerca de los tipos de unidades de procesos que deben ser usados, y se pregunta de como estos procesos serán interconectados, así como la temperatura, presión y flujos que serán requeridos, por lo que se deben encontrar procesos alternativos que sean de más bajo costo, que garantice un proceso seguro satisfaciendo las restricciones del medio ambiente y que la puesta en marcha y la operación sea fácil.

Como parte de facilitar lo anterior y de conocer que un problema de diseño es pobremente definido desde su definición original, se recomienda que el diseño de procesos sea basado sobre la mínima cantidad de información, lo cual se logra a través del desarrollo de proceso.

Desarrollo de proceso

En primer lugar, se debe señalar que el **desarrollo de proceso**, constituye una serie de estudios preliminares en la fabricación de un producto que conduzcan a que este proceso se logre a un nivel Industrial y en el cual se le incluye, un estudio a nivel de planta piloto./4/

Para llevar a cabo el **desarrollo de proceso**, se requiere de un grupo o equipo de personas y especialistas para acometer diferentes tareas, las cuales, están concretadas en tres premisas fundamentales, donde:

1. La actividad principal debe responder a problemas concretos técnicos de un proceso en cuestión.
2. El problema debe tener solución rápida y barata.
3. El proceso debe llevarse a realidad comercial, por tanto se debe incluir grupo de personas especialistas en diseño y en economía.

El buen cumplimiento de estas tareas, se pue-

de lograr a través de una vigilancia tecnológica del proceso en estudio, de tal forma que se obtenga la solución a los problemas a partir de procesos existentes, lo que posibilita ahorro en los trabajos de investigación, se inserten nuevos procesos o se obtengan nuevos productos a expensas de la utilización de escasos recursos y por ultimo, se pueda mejorar el proceso o los productos.

Esta cuestión conlleva a que, al desarrollo de proceso, se le añade la realización de estudios sobre:

1. Un buen aprovechamiento de las materias primas, teniendo en cuenta, su gran peso en el costo de producción y que por otro lado, el empleo de nuevas materias primas pueden abaratar el proceso.
2. En el estudio de nuevos procesos, se buscan tecnologías baratas que lleguen a obtener productos conocidos con bajos costos.
3. En el estudio de nuevos procesos para obtener nuevos productos, tiene como característica la obtención de pequeñas cantidades de producto y estudiar su aceptación en el mercado, por lo que no se requiere el proceso completo.

Por otra parte, las decisiones fundamentales se toman de acuerdo a los resultados que se han obtenido de los trabajos previos al desarrollo de proceso, los cuales se definen a nivel de laboratorio y en él se considera los siguientes aspectos:

1. Completamiento y la búsqueda de datos al proceso a través de:
 - Mecanismos químicos (Cinética, Equilibrio Termodinámico, Selectividad).
 - Datos Químicos-Físicos (Mediante estimaciones y bases de datos).
 - Otros datos de interés e importancia.
2. Procesamiento (Es la etapa más importante)

En este se brinda la idea o el esbozo preliminar de las operaciones del proceso tecnológico y se aclara sobre las dificultades y etapas más difíciles (reacción, separación, calentamiento).

3. Búsqueda y análisis de licencias y patentes.
4. Gastos en desarrollar el Proceso.
 - Costos hombres – años
 - Costos para establecer el proceso.

-
- Costo de la operación.

Lo anterior hace recomendable que como fase culminativa, se debe confeccionar una lista de chequeo del desarrollo de proceso, con vista a decidir, si vale la pena o no llevar el mismo, por lo que sus componentes principales a considerar son:

1. Los recursos financieros disponibles.
2. Gastos de investigación y desarrollo.
3. Producción e ingeniería.
4. Calidad del producto y mercado.

Resultados y discusión

Como parte de las experiencias acumuladas en la concepción de una tecnología para la producción de biocombustibles a partir de residuos agroindustriales, se realizó un estudio con un interés especial en las etapas de pretratamiento y la hidrólisis de los materiales lignocelulósicos.

La producción de etanol a partir de materiales lignocelulósicos, como es el caso del bagazo de caña de azúcar, materia prima abundante en varios países de América Latina /2/, comienza con el estudio de un análisis de patentes, artículos científicos, participación en congresos y a través de la comunicación personal con varios especialistas en el tema y se demuestra que el tema aún no está solucionado y quedan aún barreras físicas y tecnológicas que todavía hay que vencer. Se hace necesario el trazado de una estrategia propia para cada país o lugar y contar con proyectos de I+D que satisfagan las necesidades investigativas que el tema requiere. En nuestro caso concreto, la investigación se ha centrado en una estrategia investigativa que tiene como base el diseño de experimento, ya que se logra gran cantidad de información con el menor costo de la investigación.

Las etapas que forman parte de la tecnología de obtención de etanol a partir de residuos lignocelulósicos son: pretratamiento de la biomasa lignocelulósica, hidrólisis enzimática /5/, fermentación alcohólica y destilación.

En este caso se inició el estudio del pretratamiento evaluando el proceso Organosolv. Este proceso ha sido utilizado por algunos países

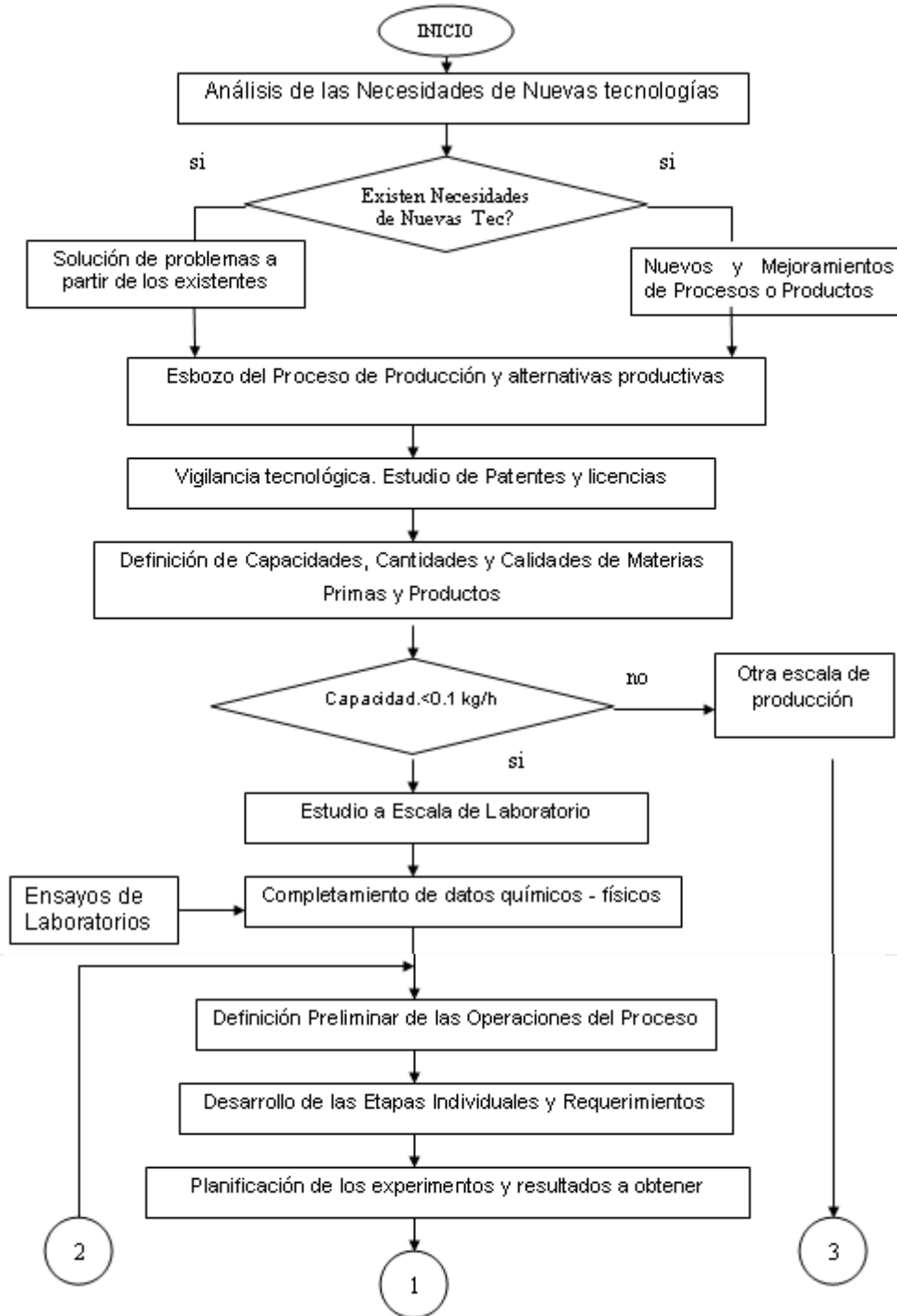
para la producción de pulpa para papel, destacándose la calidad de las fibras obtenidas además de un menor impacto negativo al medio ambiente y por el conocimiento previo que tiene el grupo de trabajo en dicho proceso. Esta etapa fue realizada en un digestor piloto de 50 lts de capacidad ubicado en una instalación industrial, lo que facilita un futuro escalado del proceso, ya que la misma se realiza utilizando parámetros industriales. El digestor es cilíndrico y horizontal y trabaja con vapor directo. Para el estudio de las diferentes condiciones de pretratamiento Organosolv se aplicó la estrategia propuesta por Box y Wilson para el acercamiento a las condiciones óptimas de la etapa, utilizando secuencialmente diferentes tipos de diseños estadísticos. Se utilizó vapor de escape con una temperatura de 175 °C. Al realizar el análisis estadístico, se obtienen los modelos matemáticos que describen el proceso, analizándose la significación de las variables independientes estudiadas así como sus interacciones, teniendo esta información se conoce el mejor resultado y se procede a realizar el test de hidrólisis enzimática. Este test se realiza al 5 % de sustrato utilizando 15 FPU/g de sustrato como concentración de celulosas. De aquí se conoce el sustrato pretratado con mayor susceptibilidad a la hidrólisis enzimática, medido a través de la concentración de glucosa y por el rendimiento de la hidrólisis enzimática. El sustrato que presente mayor susceptibilidad a la hidrólisis enzimática, se procede, mediante un diseño experimental, a la optimización de las condiciones de hidrólisis enzimática, evaluándose como variables independientes concentración de sustrato, concentración de enzimas, uso de componentes auxiliares, etcétera. Con el mejor resultado de este experimento se evalúa la etapa de fermentación alcohólica usando la levadura *Sacharomyces cerevisiae*, se evalúa el rendimiento alcohólico y se analiza la posible interferencia de agentes inhibidores de la fermentación.

Todo este procedimiento se realiza siempre considerando los aspectos importantes publicados en la literatura y se tienen en cuenta variables que pueden influir en el diseño y escalado de la futura tecnología, ya que no se pueden perder de vistas los aspectos técnico-económicos correspondientes.

Procedimiento propuesto para asimilar tecnologías desde etapa de laboratorio

Partiendo de las situaciones planteadas, se ha podido confeccionar un diagrama heurístico figura 1,

que contempla los aspectos básicos y mínimos para asimilar tecnologías a partir de estudio de laboratorios, permitiendo guiar paso a paso cada acción del diseñador, y que constituyen puntos de partida en la elaboración de un procedimiento para estos casos.



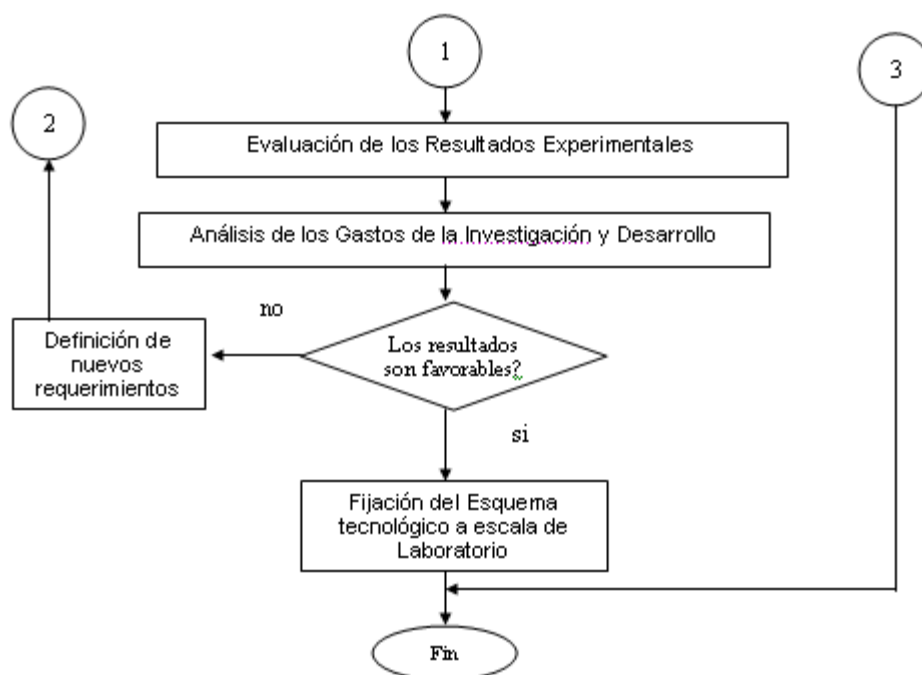


Fig. 1 Diagrama Heurístico que representa el procedimiento para la asimilación de nuevas tecnologías a partir de estudio de laboratorios.

El procedimiento propuesto se desarrollará en tres fases, las cuales están interrelacionadas entre sí dadas por:

1. Análisis de nuevas tecnologías de producción.
2. Definición de las capacidades, calidades y escala de producción.
3. Análisis de los gastos de la investigación.

La primera fase, tiene como objetivo principal la definición de una tecnología que puede tener un

alcance desde el mejoramiento de las que ya existen hasta las nuevas que pueden surgir, apoyadas por los conocimientos adquiridos a través de la vigilancia tecnológica y de los estudios sobre nuevas producciones. /1/

La segunda fase, se caracteriza por la definición de las capacidades, calidades de las materias primas, productos y escala de producción, observándose una gran relación entre las capacidades y las escalas de producción, definidas por Douglas /3/ mostradas en la tabla 1.

Tabla 1
Relación Capacidad – Escala de Producción

Capacidades de Producción	Escala de Producción
0 < Capacidad < 0,1 kg/d	Laboratorio
0 < Capacidad < 0,1 kg/d	Mini planta
0 < Capacidad < 0,1 kg/d	Planta Piloto
0 < Capacidad < 0,1 kg/d	Planta Industrial

Al decidirse por la escala de laboratorio, un aspecto central es el completamiento de de los datos químicos y físicos de las materias primas y de los productos obtenidos, los cuales son propiedades importantes para cálculos posteriores (balances de

materiales y energía y diseño de los equipos), que en el caso de no tenerlos, se pueden lograr a través de la realización de ensayos de laboratorios.

Si se tienen la información necesaria, se pueden definir las operaciones unitarias del proceso,

lo que permite en un paso posterior desarrollar las etapas individuales y definir los requerimientos necesarios para realizar la operación prevista.

Una vez definido el sistema o el montaje de las diferentes etapas del proceso en dicha escala se deben realizar la planificación de los experimentos y análisis de los resultados, los cuales deben estar en correspondencia en un estadio superior lo que teóricamente se tiene.

Finalmente en la tercera fase, se realiza una evolución de los gastos en los cuales se han incurrido en la realización de los mismos, que en caso de no ser favorables, estos definirán nuevas etapas, nuevos requerimientos y se volverán a evaluar las nuevas concepciones, hasta obtener un resultado deseado. Si los mismos son positivos, se termina el procedimiento en esta escala, cuyos resultados son aprovechados para el estudio del proceso a una escala mayor (Mini planta, planta piloto, planta industrial)

Conclusiones

1- Para la asimilación de nuevas tecnologías a partir de estudios de laboratorios es importante destacar aspectos básicos, como los conocimientos previos a cerca de la tecnología a asimilar, cantidades y calidades de las materias primas y productos, la escala de producción, definición de las etapas y una evaluación de los gastos que se han incurrido en la realización del estudio.

- 2- En el procedimiento planteado, se establecen tres fases que agrupan los mínimos aspectos para la asimilación de tecnología a partir de los laboratorios, las cuales se consideran premisas a tener en cuenta para estas acciones.
- 3- Las consideraciones de escala, etapas del proceso y gastos generados (inversión y costos) son cuestiones fundamentales en la asimilación de tecnologías en los estudios de laboratorios.

Bibliografía

1. Arroyos A.M., Martinez E.S., *La vigilancia tecnologica fuente de generación de conocimientos*, 2004, <http://revista.robotier.com>.
2. CYTED, *Los estudios previos para minimizar la incertidumbre en la absorción de tecnologías que emplean la biomasa como fuente de productos químicos y energía*, 2004.
3. Douglas M. J., *Conceptual Design of Chemical Processes*, Mc Graw Hill Internacinal Editions. Chemical Eng. Series, 1990.
4. Edgar T. F., *Vision 2020, Computational Needs of the Chemical Industry*, 2004. <http://www.chem.purdue.edu/v2020/>.
5. Mosier N., *Features of promising technologies for pre-treatment of lignocellulosic biomass*, *Bioresource Technology* 96. 2005, págs. 673-686. www.sciencedirect.com
6. Oldrich Mikus, *Process Development and Technology Transfer in fine Chemicals projects*, 6th Congress Word of Chemical Engineering, 2001.